

## **AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO DE EDIFICAÇÕES EM *LIGHT STEEL FRAMING***

**Holdlianh Cardoso Campos (1); Henor Artur de Souza (2).**

(1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Escola de Minas – Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil, [holdlianh@hotmail.com](mailto:holdlianh@hotmail.com)

(2) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Escola de Minas – Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil, [henorster@gmail.com](mailto:henorster@gmail.com)

### **Resumo**

*Neste trabalho apresentam-se resultados de uma avaliação pós-ocupação de um condomínio residencial construído em Light Steel Framing. O enfoque principal foi a percepção e absorção deste sistema de construção por parte do usuário tendo por critério, seu nível de satisfação e consciência em relação ao novo sistema e de vivência no uso e manutenção desta nova tecnologia, somados a sua experiência em edificações de tecnologias tradicionais, culturalmente já assimiladas. Foram realizadas visitas e medições in loco, entrevistas com usuários e também a utilização de questionário como instrumento de coleta de dados. Avalia-se também o estado de conservação das edificações e das transformações ocorridas no espaço em função das necessidades surgidas com o tempo. Faz-se ainda uma avaliação técnica do comportamento do produto em uso, incluindo itens como segurança, qualidade, durabilidade, necessidade e periodicidade de manutenção, conforto, adaptação às funções e patologias. A partir dos resultados obtidos constata-se que existem ainda algumas adaptações a serem feitas para adequar essas construções às condições climáticas, econômicas e sociais, costumes e a cultura construtiva nacional. Sistematizam-se recomendações que sirvam de referência para operação, uso e manutenção das edificações e, principalmente para, basear decisões de projeto para edificações em LSF e dessa forma garantir a qualidade e ampliar a aceitação das construções com este sistema no mercado nacional.*

**Palavras-chave:** *Light Steel Framing (LSF), Avaliação Pós-ocupação, LSF - desempenho e aceitação no Brasil.*

### **Abstract**

*In this article it is also systematized recommendations that can be used as references when using and maintaining the construction, and specially to serve as a base to decisions when designing constructions with LSF and so guaranteeing the quality as well as raising the acceptance of constructions with this system in the Brazilian market. A technical evaluation of buildings constructed using LSF was made, including features like safety, quality, durability, maintenance necessities and periodicity, comfort, adaptation to the functions and the causes of pathologies. It is verified that there are still some adjustments that need be done in order to fit the LSF construction technique to the Brazilian climatic, economical, and social conditions as well as to its construction culture and practice.*

**Keywords:** *Light Steel Framing (LSF), Evaluation After Occupation, LSF performance acceptance in Brazil*

## **1. INTRODUÇÃO**

O Brasil apresenta um campo promissor para o desenvolvimento de tecnologias como o LSF, representado pelo grande *déficit* habitacional, pela produção de aço no país que é uma das maiores do mundo e pela infra-estrutura pronta para o desenvolvimento do sistema. Porém, no país a tecnologia ainda carece de adequações para a melhoria de seu desempenho e para

melhor aceitação dos usuários.

O objetivo deste trabalho é avaliar a percepção e absorção do sistema construtivo *Light Steel Framing* por parte do usuário, tendo por critério seu nível de consciência em relação ao novo sistema e de vivência no uso e manutenção desta nova tecnologia, somados à sua experiência em edificações de tecnologias tradicionais, culturalmente já assimiladas. A metodologia utilizada envolveu a avaliação pós-ocupação com visitas no ambiente construído, medições *in loco* e entrevistas com usuários utilizando-se o questionário como instrumento de coleta de dados.

## 2. ESTUDOS DE CASOS

A escolha dos estudos de casos foi difícil, pois a implantação da tecnologia *Steel Frame* no Brasil é recente e em sua maioria utilizada por classes mais elevadas, o que torna mais difícil o acesso às mesmas. Para entrar em contato com os usuários contou-se com o apoio da construtora, pois assim obteve-se mais credibilidade e confiança.

O Estudo de Caso é um condomínio residencial de casas unifamiliares, todas feitas em *Light Steel Framing*, localizado em Cotia, na Grande São Paulo/SP. (Fig. 01).

O condomínio era composto de 36 casas na época da visita *in loco*, e 3 estavam em construção, todas feitas em *steel frame*, dentre essas, 13 foram analisadas. Foram selecionadas 4 casas para visita *in loco* com aplicação de questionário e nove casas para o envio do questionário pelos correios. Na visita *in loco* ao condomínio, foram entrevistados os moradores, o chefe da manutenção e os funcionários responsáveis pela manutenção e construção das novas casas.

**Figura 01** - Vista do Condomínio Residencial Jardim das Paineiras



Fonte: *STEEL FRAME*, 2009.

### 2.1. Características

As casas do condomínio são divididas em quatro níveis, nos 1º e 2º níveis estão as áreas sociais e de serviço e nos 3º e 4º níveis localizam-se as áreas íntimas (Fig. 02).

O condomínio fica numa área afastada da cidade e conta com grande área verde em seu entorno. As casas são aconchegantes por dentro e seguem uma padronização das fachadas em todo o condomínio, sendo o acabamento de padrão elevado. O sistema construtivo foi importado dos Estados Unidos, pioneiramente pela Construtora Sequência, sendo adaptado aos poucos às condições brasileiras. A intenção foi fazer um condomínio com aspecto americano. O acabamento exterior das casas é feito em *siding* vinílico, tipicamente utilizado nas casas americanas, e/ou tijolinhos aparentes e fechamento em placa OSB (*Oriented Strand Board*) tratadas contra insetos. As telhas utilizadas, também são tipicamente usadas nos

E.U.A e são conhecidas no Brasil como telhas asfálticas - tipo *Shingle*.

**Figura 02-** Planta baixa padrão das casas, do 1º ao 4º nível



## 2.2. Caracterização do universo dos usuários

Analisando-se a quantidade de usuários proprietários ou locatários no condomínio Jardim das Paineiras, observa-se que dos usuários que participaram da pesquisa (33% das casas), 28% são proprietários e 5% são locatários. Das 39 casas existentes no condomínio, 33 são próprias, 03 são alugadas e 03 estavam em construção. Quanto à faixa etária, 57% dos residentes eram adultos, 30% crianças, 11% jovens e apenas 2% eram idosos. Dentre os entrevistados, todos os proprietários e locatários tinham curso superior ou pós-graduação e os técnicos tinham o 2º grau completo.

Foi observado que quanto maior o grau de escolaridade dos usuários maior o seu entendimento e maior seu nível de aceitação em relação ao sistema *Light Steel Framing* e em relação às inovações tecnológicas.

## 3. RESULTADOS E ANÁLISES

A pesquisa foi realizada utilizando um modo de abordagem descritivo e exploratório, por meio de entrevistas e questionário em formulário específico aos síndicos, responsáveis pela manutenção e usuários que possibilitou coletar dados necessários à obtenção das respostas às questões estabelecidas nos objetivos, além de medições *in loco*. Para facilitar a visualização dos resultados os mesmos foram divididos por tema.

### 3.1. Motivos da escolha da unidade

Os três principais motivos da escolha da unidade foram, em ordem decrescente, rapidez da execução (30%), qualidade de execução do edifício (30%), aparência e localização (25%) e custo do edifício (15%).

Todos os usuários que escolheram a opção “rapidez de execução” eram proprietários do imóvel. Observou-se também que os homens estão mais preocupados, em primeiro lugar, com a qualidade da unidade, depois com o sistema construtivo adotada por proporcionar menos manutenção e por ser menos impactante ao meio ambiente e com a rapidez de execução. Já as

mulheres têm as respostas variadas, sendo que a maioria coloca a qualidade e a aparência em primeiro lugar. Os locatários estão mais preocupados com a localização do edifício, aparência e o sistema construtivo adotado.

Ao escolher a opção “menor impacto ambiental” alguns usuários deixavam claro que estavam se referindo tanto à limpeza da obra, quanto ao menor desperdício e à possibilidade maior de reciclagem dos materiais utilizados, por tanto esta opção é inerente à opção “limpeza da obra”.

Muitos usuários do condomínio Jardim das Paineiras já haviam morado antes em edificações com este sistema construtivo e por isso escolheram morar no condomínio onde todas as casas são em *steel frame*, pois acham a manutenção da casa muito mais fácil e rápida. Alguns usuários ficaram conhecendo o sistema em visita a algum amigo ou parente que morava no condomínio e resolveram adquirir o imóvel.

Os usuários foram questionados sobre já ter tido contato com construções com o sistema construtivo LSF ou similar em outros países ou mesmo no Brasil e se isso influenciou a sua escolha pela unidade. A maioria (78%) dos usuários já tinha tido contado com este tipo de construção aqui no Brasil ou em outros países e isso influenciou na escolha da maioria dos usuários.

### **3.2. Conforto ambiental**

A satisfação dos usuários com a qualidade do edifício e do ambiente proporcionado por ele é alta, mesmo nos casos onde houve algum tipo de reclamação em relação a algum requisito. No contexto geral os usuários estão muito satisfeitos com o sistema.

Com relação ao conforto térmico das edificações a maioria dos usuários o considera bom. Porém alguns moradores do Condomínio Jardim das Paineiras reclamaram do conforto do pavimento superior de sua casa, dizendo que este espaço fica mais frio no inverno e mais quente no verão. Isso talvez tenha relação com o tipo de telha utilizada e a outro problema encontrado na casa de um desses moradores, onde foi observada no pavimento superior a marca reticulada da estrutura nas paredes e teto, que mesmo sendo pintados, voltou a aparecer (Fig 03).

Segundo especialistas, este problema foi causado pela condensação de água na superfície da estrutura, devido à grande amplitude térmica, sendo absorvida pela placa de gesso. Este problema, segundo o arquiteto Santiago (2010), pode estar relacionado com a ponte térmica entre as faces internas e externas exercida pela estrutura, o que pode ser evitado com o uso de fita de neoprene (banda acústica) na estrutura e/ou barreira de vapor. As barreiras de vapor são telas respiráveis e impermeáveis, cuja estrutura única assegura, por um lado, uma barreira à entrada de chuva e vento e, por outro, permite que os espaços interiores respirem, controlando a umidade, a condensação, o calor e o ar no ambiente.

Com relação à acústica dos ambientes a maioria reclamou do barulho do piso do segundo andar. Este problema pode ser solucionado pelo uso de um sistema de isolamento acústico mais eficiente ou a utilização de laje premoldada de concreto conforme mostrado na figura 04. Esta solução já vem sendo adotada por algumas construtoras.

**Figura 03** - Condensação de água na superfície da estrutura



**Figura 04** - Uso de laje de concreto



Outra reclamação de muitos usuários é em relação ao ruído que a edificação faz durante a noite, devido à grande dilatação térmica, quando há grande variação de temperatura. Eles não sentem a edificação balançar, mas escutam os estalos.

### **3.3. Satisfação com o sistema estrutural e os fechamentos**

Foi questionado neste tópico sobre a solidez, firmeza e segurança com relação ao sistema construtivo, ao vivenciar a unidade. Com relação à segurança questiona-se sobre a estabilidade da edificação, sistema estrutural e sistema de fechamento. Perguntados se a edificação balança, a maioria (80%) acha que a edificação não balança. Em relação à sua segurança contra intrusão e roubo, por acharem que, como as paredes não são maciças como na construção convencional, 40% acham que as paredes poderiam ser facilmente cortadas e 60% acham que a segurança contra intrusão é igual a uma construção convencional. Já em relação à segurança estrutural da edificação, a maioria sente segurança.

A maioria (70%) dos usuários sente dificuldade em pendurar objetos de grande peso nas paredes, pelo fato da estrutura ter que ser reforçada com uma viga adicional. Em um dos estudos de caso, ao pendurar um aparador de grande peso na parede, não foi feito um bom acabamento por parte do profissional responsável pela mão de obra, o que levou a moradora a considerar que seria sempre difícil e dispendioso pendurar um objeto mais pesado. Neste caso o problema maior foi em relação à mão de obra especializada.

### 3.4. Uso e manutenção da edificação e patologias encontradas

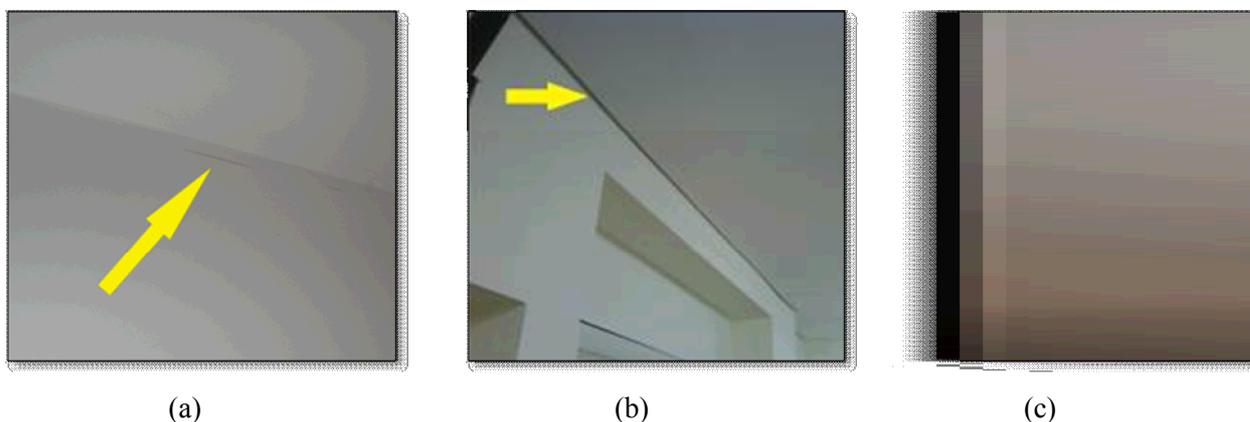
Sobre a manutenção das edificações, 70 % dos usuários responderam que a frequência com que a edificação apresenta problemas de manutenção é pouca, sendo menor que a quantidade de manutenção a construção convencional apresenta. Alguns usuários atribuem ao sistema LSF os problemas ocasionados por outros subsistemas como vazamento na caixa d'água, calhas, rufos, entre outros. Usuários que já tiveram que abrir as paredes ou teto, por problemas de vazamentos na caixa d'água, calhas, problemas nas instalações, entre outros, reclamaram da manta de lã de vidro que solta pêlos provocando coceiras por todo o corpo e irritação nos olhos e vias nasais. Contudo já existem no mercado algumas alternativas de mantas com materiais coesos.

A maioria dos usuários não teve problemas com as instalações elétricas e hidráulicas. A minoria, 40% dos usuários, já teve que fazer manutenção nas instalações e quando perguntados sobre as dificuldades para fazer os reparos, responderam que o serviço foi executado rapidamente, mas que foi difícil encontrar mão de obra especializada e disponível para executar o serviço. Um dos usuários respondeu que não houve problema, pois a própria construtora resolveu.

Com relação à umidade nas paredes, a maioria dos moradores (70%) já teve problemas, mas em pouca quantidade, em locais onde ocorreram fissuras externas e que o problema foi rapidamente resolvido ou em partes da edificação feitas em alvenaria, tendo em vista que em alguns casos existem algumas paredes de fechamentos externos, como áreas de serviços, feitas em alvenaria.

Algumas trincas foram observadas nas paredes rentes ao teto, no meio das paredes em casas de pé-direito duplo e no próprio teto, sendo que a maioria das fissuras encontradas no teto apareceram depois de intervenções e troca das placas. Santiago (2010) atribui à dilatação e movimentação natural da estrutura a ocorrência das trincas rentes ao teto, o que pode ser solucionado com o uso de juntas de dilatação metálicas nas quinas entre teto e parede, criando um afastamento como detalhe no teto, como mostrado na Fig. 6.

**Figura 6** - (a) trinca rente ao teto/(b) solução sugerida: junta de dilatação/(c) Trinca no teto após intervenção.

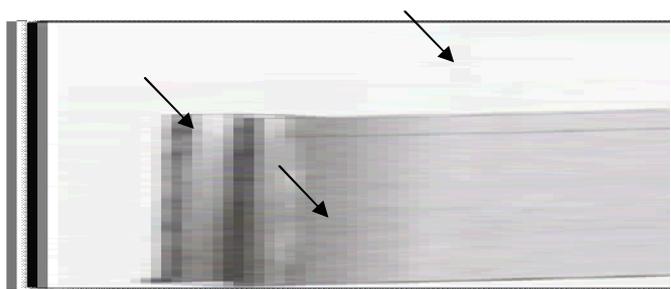


(Fig. 6b-Fonte: SANTIAGO, 2010)

Com relação às trincas nas paredes das casas de pé-direito duplo e de grandes vãos de abertura, que têm certa movimentação, acredita-se ser um erro na instalação das placas, que devem ser instaladas desencontradas, desalinhando-se as juntas como o assentamento de tijolos, evitando-se assim a propagação de trincas (Fig. 7).

Já as trincas dos tetos onde foram feitas intervenções (Fig.6c), principalmente para consertos por vazamentos no telhado, podem ser explicadas pelo fato do forro ter sido submetido a uma sobrecarga não prevista, forçando-o para baixo. Alguns desses problemas não chegam a configurar patologias, mas comprometem a estética.

**Figura 7** - Desencontro de juntas horizontais em painéis.



Fonte: CRASTO, 2005

Nenhum dos usuários teve problemas de patologias no telhado, no entanto apenas um morador do condomínio Jardim das Paineiras reclamou de cheiro forte quando o telhado, feito em telha asfáltica, atinge altas temperaturas. Quanto às patologias relacionados ao vazamento da caixa d'água, apenas a minoria (20%) teve este tipo de problema.

#### 4. RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

A maioria das patologias encontradas nos estudos de casos tem ligação direta com a falta de estudo mais detalhado das interfaces do sistema. O detalhamento e a compatibilização entre os subsistemas com detalhes de fechamento e vedação, cuidados na associação entre materiais, são de suma importância para o sucesso do sistema LSF, que é composto por vários subsistemas e componentes que devem trabalhar em conjunto. A compatibilização e soluções de todos os subsistemas devem ser feitas ainda na etapa de planejamento e processo de projeto e de preferência serem solucionados em projetos modulares.

Observou-se que a maioria das patologias encontradas na visita *in loco* ou relatadas pelos usuários, além de estarem relacionadas com a falta de detalhamento das interfaces dos sistemas complementares, estão relacionadas com problemas de execução desses sistemas, principalmente os sistemas hidráulicos como válvulas, ligações da caixa d'água, sistemas de coleta de água de chuva como calhas, rufos, entre outros. Quando esses subsistemas não funcionam de forma adequada acabam prejudicando o sistema LSF. Deve-se ter uma atenção especial para o telhado e seus subsistemas, pois a água é o inimigo número 1 dos sistemas de fechamentos internos do *steel frame*. O mínimo de infiltração pode causar sérios prejuízos às placas de gesso.

Uma atenção especial deve ser dada à interface do sistema *Light Steel Framing* com outros tipos de sistemas, como por exemplo, o concreto, pois são situações que têm um potencial maior de problemas, por haver uma interface de materiais que trabalham de forma diferente. Outro problema, causado por falta de detalhamento e especificação dos revestimentos, é a danificação dos rodapés das paredes, pois as patologias mais graves e com maior índice de ocorrência são causadas pela presença da água.

Nas construções a seco a impermeabilização e isolamento adequados nas interfaces fazem toda a diferença na eficiência dos fechamentos. O uso adequado da barreira de vapor, o isolamento adequado e o estudo das interfaces para cada tipo de clima das regiões brasileiras onde a amplitude térmica é muito grande, são primordiais para o bom desempenho do sistema LSF no Brasil. No estudo do isolamento térmico devem ser levadas em consideração as funções de cada ambiente, sua orientação solar.

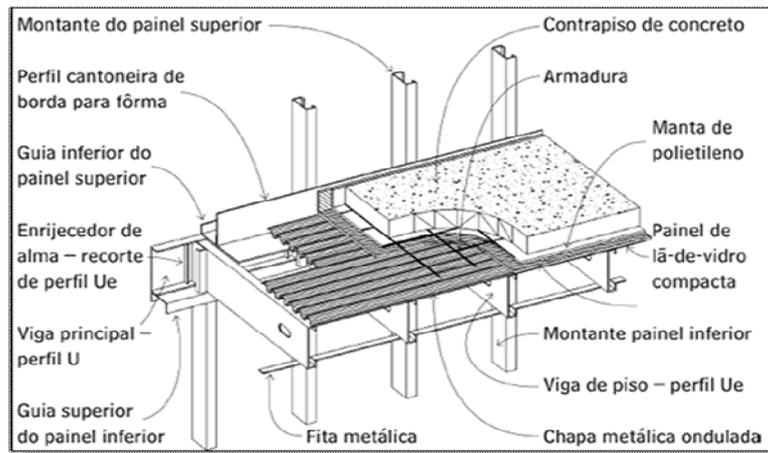
Evitando-se desta forma o aparecimento de patologias como o caso das marcas da estrutura reticulada encontradas nas paredes e teto do andar superior de umas das casas do estudo de caso, onde a condensação de água na superfície da estrutura, devido à grande amplitude térmica diária foi a causadora do problema. A moradora da unidade reclamou sobre o frio e calor excessivo na parte superior de sua casa, podendo este problema estar relacionado também com a ponte térmica entre as faces internas e externas exercida pela estrutura, além de estar relacionado com o uso das telhas asfálticas (*Shingle*) sem o devido sistema de ventilação, pois este tipo de telha tem um bom desempenho em países de clima frio.

Alguns usuários reclamaram dos estalos que a estrutura faz à noite devido à dilatação térmica, e dizem que não sentem a estrutura balançar. Pequenas dilatações e movimentações térmicas da estrutura são comuns no sistema LSF, podendo ser minimizadas com um projeto de contraventamento adequado a cada tipo de estrutura exigido.

A forma mais comum de estabilização da estrutura em LSF é o contraventamento em “X”, que consiste em utilizar fitas de aço galvanizado fixadas na face do painel (FREITAS e CRASTO, 2006), além das próprias placas OSB contribuírem no contraventamento da estrutura. Outra forma comum de estabilização da estrutura é o uso de treliças na junção dos painéis metálicos. A adequada fixação do montante à guia e o uso de chumbadores nos perfis de base, de modo a aumentar a estabilidade da estrutura, são pontos a serem bem estudados. Um contraventamento adequado pode minimizar a propagação de trincas em edificações, principalmente as com mais de 1 pavimento, ou com pé-direito duplo.

Em relação às reclamações quanto aos ruídos do piso do andar superior, uma solução seria o uso da laje úmida (Fig. 8), que apesar de onerar algumas qualidades do sistema LSF, principalmente a rapidez de execução, aumentaria a rigidez e o isolamento acústico do piso. Este sistema já está sendo adotado em algumas construções em *steel frame* como pode ser observado na figura 04. Utilizando-se da laje seca a solução seria o uso de combinações de isolamento, com especial atenção para as interfaces do sistema, estudando-se cada caso, pois cada parte da casa requer um nível de isolamento acústico diferente.

**Figura 8** - Isolamento das interfaces



Fonte: BEVILAQUA, 2005.

## 5. CONCLUSÕES

A resolução dos detalhamentos construtivos de cada obra em projeto é responsável pelo sucesso do sistema LSF. A maioria das reclamações e patologias encontradas pode ser diretamente relacionada à má resolução dos projetos de detalhamento e a falta de gestão do processo de projeto.

Outro fator importante para a aceitação e a consolidação do sistema *Light Steel Framing* é o que se chama de “tropicalização” do sistema LSF, onde há a necessidade de adequação à realidade brasileira, que tem por cultura a utilização de muita água para a realização da limpeza; o excesso de barulho.

A etapa de tropicalização encontra-se na fase dos fechamentos/interfaces, pois o partido arquitetônico já foi, em sua maioria, adaptado à arquitetura brasileira. Este fato pode ser comprovado pela utilização de acabamentos, formas e telhados, como o de telha cerâmica, tipicamente brasileira.

Desta forma a preocupação deve ser voltada para adaptação dos tipos de fechamentos, detalhamentos e interfaces que tenham um desempenho adequado ao clima e à cultura brasileira. Como exemplo, tem-se a preocupação com a utilização de acabamentos como rodapés mais altos, elemento importante na proteção contra impactos na limpeza; revestimentos impermeáveis em áreas molháveis, como banheiros e cozinhas; projetos de paredes de reforço para receberem objetos de carga maior.

As edificações estudadas foram todas pertencentes à proprietários de classe média alta e com elevado nível de instrução. Acredita-se que se a pesquisa tivesse sido realizada em habitações de interesse social, ou seja, popular, o estado de conservação e o nível das patologias encontradas poderiam maiores. Os resultados seriam diferentes por fatores como:

- nível de informação para usar e manter o sistema LFS muito menor, associado à cultura do uso excessivo de água para a limpeza e manutenção da edificação;
- acesso aos sistemas, subsistemas, materiais e acessórios para o uso e a manutenção da edificação muito menor;

- acesso mais restrito à mão de obra especializada.

De modo geral conclui-se, com os resultados obtidos neste trabalho, a observação de alguns pontos é de fundamental importância para evolução e consolidação do sistema LSF no mercado brasileiro:

- i. a retroalimentação de informações por parte do usuário que é quem vivencia o espaço, e pode fornecer respostas fidedignas em relação ao desempenho do mesmo;
- ii. a melhoria e avaliação contínua da qualidade do sistema LSF;
- iii. um processo de projeto eficiente de modo a resolver todas as especificidades e detalhes construtivos antes de ir para o canteiro, o conhecido “construir no papel”, pois a maioria das patologias encontradas pode ser diretamente relacionada à má resolução dos projetos e à falta de gestão do processo de projeto; é fundamental para o sucesso do sistema LSF;
- iv. o aumento da mão-de-obra especializada, capacitando profissionais, não apenas na execução das obras, mas também na compreensão adequada dos projetos industrializados;
- v. a maior divulgação sobre o sistema e conscientização dos usuários, para a quebra do preconceito cultural, divulgando-se as vantagens de forma a desmistificar os conceitos errôneos sobre a durabilidade, robustez, viabilidade de execução e integração com outros sistemas construtivos, para maior credibilidade e aceitação do sistema *Light Steel Framing* por parte dos usuários;
- vi. a maior disponibilidade dos componentes e subsistemas no mercado;
- vii. o maior cuidado com a execução dos sistemas complementares, principalmente os que entram em contato com água; por suas características industrializadas o *steel framing* exige um detalhamento maior para as interfaces e especificidades de cada projeto;
- viii. a necessidade de uma nova configuração da cadeia produtiva; destacando-se a inter-relação dos setores produtivos, das instituições públicas, do meio acadêmico e do consumidor final;
- ix. a tropicalização dos sistemas de fechamentos/acabamentos/interfaces;

## REFERÊNCIAS

- BEVILAQUA, Rosana. **Estudo Comparativo do Desempenho Estrutural de Prédios Estruturados em Perfis Formados a Frio Segundo os Sistemas Aporticado e Light Steel Framing**. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 2005.
- CRASTO, Renata Cristina Moraes. – **Arquitetura e tecnologia em sistemas Construtivos industrializados: Light Steel Framing**. Tese (Mestrado) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil, 2005.
- FREITAS, Arlene Maria Sarmanho; CRASTO, Renata Cristina Moraes. **Manual de Construção em Aço: Steel Framing - Arquitetura**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.
- SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Arquiteto da Flasan, especialista em Steel Frame: Entrevista cedida à Arquiteta Holdlianh Cardoso Campos**. Belo Horizonte, 2010.

## AGRADECIMENTOS

À Construtora Sequência, à Universidade de Ouro Preto, em especial, ao Programa de Pós-

graduação em Engenharia Civil, pela a oportunidade de desenvolver este trabalho de pesquisa.  
À CAPES e à FAPEMIG pelo apoio financeiro.